

## تشخیص الگوهای تحلیل تکنیکال با استفاده از رگرسیون کرنل

محمد مهدی موسوی<sup>۱</sup>، حمیدرضا پورابراهیم<sup>۲</sup>

**چکیده:** در سال‌های ۱۹۶۰-۱۹۷۰ پژوهش‌های بسیاری در مورد فرضیه بازار کارا انجام شد و پس از آن بسیاری از پژوهشگران این فرضیه را به چالش کشیدند. یکی از ابزارها برای رد فرضیه کارا، الگوهای تحلیل تکنیکال هستند. در این پژوهش از الگوهای سر و شانه، کف و سقف، الگوی پرچم مستطیلی صعودی و نزولی، پرچم مثلثی صعودی و نزولی، مستطیل صعودی و نزولی، دوقلوی سقف و کف و سه قلوی سقف و کف استفاده شده است. با استفاده از رگرسیون کرنل که یکی از روش‌های هموارسازی برای کاستن خطاهای مشاهده شده است، قیمت‌های سهم هموار و اکستریم‌ها، با استفاده از پنجره غلتان مبتنی بر رگرسیون کرنل و الگوها، متناسب با الگوریتم‌های کمی هر الگو شناسایی شدند. بر این اساس شرکت‌های ایران خودرو، بانک ملت و سرمایه‌گذاری صنعت نفت، از ابتدای سال ۱۳۹۰ تا انتهای خرداد ۱۳۹۵ بررسی شدند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند الگوها دارای اطلاعات مفید هستند. به عبارت دیگر در نمونه‌های مورد بررسی، توان غلبه بر استراتژی خرید و نگهداری و با استفاده از آزمون دوجمله‌ای توانایی غلبه بر کارایی بازار در سطح ضعیف وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوهای تحلیل تکنیکال، رگرسیون کرنل، کارایی بازار.

**JEL: G14, G17**

۱. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه خاتم، تهران، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مالی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۴

E-mail: h.porebrahim@khatam.ac.ir

نویسنده مسئول: حمیدرضا پورابراهیم

نحوه استناد به این مقاله: موسوی، م. م. و پورابراهیم، ح. ر. (۱۳۹۵). تشخیص الگوهای تحلیل تکنیکال

با استفاده از رگرسیون کرنل. فصلنامه مدل‌سازی ریسک و مهندسی مالی، ۱(۲)، ۱۶۶-۱۸۴.

## مقدمه

پژوهش‌های صورت گرفته از سال ۱۹۶۰-۱۹۷۰ در بردارنده فرضیه بازار کارا<sup>۱</sup> و به معنی فقدان الگوهای قابل تشخیص در بازارهای مالی است (الکساندر، ۱۹۶۴؛ فاما و بلوم، ۱۹۶۶؛ جنسن و بنینگتون، ۱۹۷۰). دهه ۷۰ میلادی نقطه شروع پژوهش‌های جدید فرضیه بازار کارا با مقاله فاما (۱۹۷۰) بود که مشخص کرد اگر قیمت‌ها منعکس کننده اطلاعات در دسترس یک بازار باشند، آن بازار کارا است. وی سه نوع کارایی ضعیف، نیمه قوی و قوی را معرفی کرد. اما از سال ۱۹۸۰ پژوهش‌هایی مبنی بر رد این فرضیه شکل گرفت (وانگ و چان، ۲۰۰۷).

همواره یکی از نگرانی‌های سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی غلبه بر بازار و کسب بازده مازاد و مقابله با فرضیه بازار کارا بوده و یکی از این ابزارها، تحلیل تکنیکال است. اساس فلسفه تحلیل تکنیکال این است که افراد تحت شرایط یکسان، فعالیت و تصمیم یکسانی می‌گیرند. سیر تغییرات تاریخی قیمت‌های دارایی‌های مالی در تحلیل تکنیکال قابل مشاهده است و با استنتاج از چنین ارزیابی‌های مبتنی بر تحلیل تکنیکال، می‌توان قیمت‌های آینده را پیش بینی نمود. از ابزارهای مورد استفاده برای پایش قیمت‌های تاریخی در تحلیل تکنیکال می‌توان به اندیکاتورها<sup>۲</sup>، الگوها<sup>۳</sup>، الگوهای شمعی<sup>۴</sup> و قواعد فیلتر<sup>۵</sup> اشاره کرد (سیناسلانیدیس و زاپرانیس، ۲۰۱۶). الگوهای تکنیکال که بر پایه بررسی بصری و معرفی الگوهای هندسی مشخصی به وجود آمده‌اند، از قبل پیدایش و شکل‌گیری قوانین افشای اطلاعاتی، مورد استفاده قرار می‌گرفتند (داوسون و استیلی، ۲۰۰۳). در بسیاری از پژوهش‌ها تحلیل تکنیکال به‌عنوان یک آزمون اقتصادی برای اعتبارسنجی فرضیه بازار کارای ضعیف مورد استفاده قرار می‌گیرد (کمپل، لو و مک کینلی، ۱۹۹۷).

در تحلیل تکنیکال دو تعریف وجود دارد:

۱. تحلیل تکنیکال، مطالعه رفتار و عملکرد بازار<sup>۶</sup> است. در وهله اول، استفاده از نمودارها سبب پیش‌بینی روند قیمت آتی خواهد شد. عبارت رفتار و عملکرد بازار، در بردارنده سه منبع مهم اطلاعاتی است: قیمت، حجم و قراردادهای تسویه نشده<sup>۷</sup>. (مورفی، ۱۹۸۶).

- 
1. Efficient Market Hypothesis
  2. Indicator
  3. Pattern
  4. Candlestick
  5. Filter Rules
  6. Market action
  7. Open interest

۲. تحلیل تکنیکال توانایی ثبت کردن<sup>۱</sup> تاریخچه معاملات مانند قیمت و تغییرات و حجم معاملات به صورت ترسیمی است. در واقع استفاده از گذشته برای پیش‌بینی آینده است (ادواردز و مگی، ۱۹۹۷).

پژوهش‌های بسیاری در رابطه با کمی کردن تحلیل تکنیکال انجام شده است، اما بیشتر آن‌ها مربوط به اندیکاتورها بوده (سویینی<sup>۲</sup>، ۱۹۸۸؛ وایت<sup>۳</sup> و پرویت<sup>۴</sup>، ۱۹۸۸) و الگوهای تکنیکال به دلیل درگیر بودن مسائل انتزاعی و سخت بودن آن‌ها مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند. به‌همین دلیل پژوهش‌هایی توسط لو، مامايسکی و وانگ (۲۰۰۰) و داوسون و استیلی (۲۰۰۳) با استفاده از رگرسیون کرنل برای تشخیص الگوها صورت گرفت. همچنین مورفی (۱۹۸۶) و بولکوفسکی (۲۰۰۵) به معرفی کمی الگوها پرداختند. در این پژوهش الگوها در بازار سهام ایران با استفاده از رگرسیون کرنل و مشخص کردن نقاط اکسترمم<sup>۵</sup> و محاسبه و شکل‌دهی قواعد مربوط به هر یک از الگوها بررسی می‌شود و یک روش سیستماتیک به عنوان یک زبان کمی برای تشخیص الگوهای تحلیل تکنیکال معرفی می‌شود. در نهایت درصد تشخیص صحیح روند بر اساس الگوها، محاسبه شده و خواهیم دید آیا الگوها، اطلاعات مهم و معنی‌داری را به ما می‌دهند یا خیر. همچنین با استفاده از آزمون دوجمله‌ای، کارایی بازار ایران را بررسی خواهیم کرد. پس از مقدمه در ادامه مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده در داخل و خارج از کشور خواهیم پرداخت. سپس با اشاره به مبانی رگرسیون کرنل، به تعریف کمی و نوع شناسایی الگوها، اشاره خواهیم نمود. در بخش یافته‌های پژوهش نتایج مربوطه ارائه می‌شوند. در نهایت در بخش نتیجه‌گیری و پیشنهادات نتایج پژوهش جمع‌بندی شده و با نتایج پژوهش‌های پیشین مقایسه می‌شوند.

### پیشینه پژوهش

اولین پژوهش در زمینه الگوها را لوی (۱۹۷۱) بر روی قدرت پیش‌بینی ۳۲ الگوی نموداری پنج‌نقطه‌ای (از جمله تعاریف مختلف الگوهای کانال، سر و شانه سقف و کف، مثلث متقارن، کنج، الماس، سه قلو و سقف) در بازار سهام نیویورک انجام داد و پی برد که بهترین و بدترین الگوها متفاوت از بازار عمل نمی‌کنند. سپس نفتچی (۱۹۹۱) الگوهای سر و شانه و مثلث را در بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار داد و در مقایسه با تئوری پیش‌بینی وینر-کولموگروف

---

1. Recording  
4. Sweeney  
5. White  
6. Pruitt  
5. Extrema

چنین اظهار کرد: اگر فرآیندهای تحت بررسی خطی باشند، آن‌گاه تحلیل تکنیکال توانایی کسب بعضی اطلاعات را که وینز-کولموگروف نادیده می‌گرفت، دارد. همچنین او الگوریتمی را برای آزمایش الگوهای تکنیکال معرفی کرد.

اوسلر<sup>۱</sup> و چانگ<sup>۲</sup> (۱۹۹۵) تحقیق بر روی الگوی سر و شانه برای قیمت روزانه ارزش‌های مهم نسبت به دلار انجام دادند و بر مفید بودن این الگو تاکید داشتند. لو، مامايسکی و وانگ (۲۰۰۰) الگوریتم نفتچی را بهبود دادند و با بررسی ۱۰ الگو در بازار سهام آمریکا در طول سال‌های ۱۹۶۲-۱۹۹۶ با روش رگرسیون غیرپارامتری کرنل به این نتیجه رسیدند که با توجه به اینکه تحلیل تکنیکال، اطلاعات مناسبی را در اختیار افراد قرار می‌دهد، ارزش استفاده را دارد. داوسون و استیلی (۲۰۰۳)، روش لو، مامايسکی و وانگ (۲۰۰۰) را در بازار سهام انگلستان انجام داده و همان نتایج اما با درجه ضعیف‌تر را گرفتند. ساوین، ولر و زوینگلیس (۲۰۰۷) از الگوریتم لو، مامايسکی و وانگ (۲۰۰۰) برای بازار آمریکا استفاده کردند و پی بردند که الگوی سر و شانه قدرت پیش‌بینی بازده مازاد را دارد. چونگ و پون (۲۰۱۴) با استفاده از الگوریتم لو، مامايسکی و وانگ (۲۰۰۰) و ایجاد فیلتر جدید، ادعا کردند که بازده مازاد تعدیل شده بر اساس ریسک برای الگوی سر و شانه سقف بهبود می‌یابد.

در ایران هم مطالعاتی در رابطه با الگوهای تحلیل تکنیکال توسط شباهنگ و حسنی (۱۳۸۲) سه الگوی سر و شانه، مثلث متقارن و مستطیل انجام شده است. آن‌ها با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو به مقایسه تعداد دفعات الگوهای تکنیکی در سری قیمت سهام و سری خلق شده تصادفی پرداختند، همچنین بازده‌های به‌دست آمده بر اثر به‌کارگیری هر یک از الگوهای تکنیکی در هر سری قیمت سهام را محاسبه کردند و اذعان داشتند که به استثنای الگوی مستطیل، دو الگوی دیگر مفید می‌باشند.

همچنین محمدی (۱۳۸۳) بر روی الگوهای سر و شانه و دوقلو تحقیقی را انجام داد و اعلام کرد که استفاده از این الگوها در بورس اوراق بهادار تهران مفید بوده و بهتر است از این الگوها در سهام شرکت‌های پرمعامله استفاده کرد.

نمازی و شوشتریان (۱۳۷۴) در پژوهشی با استفاده از محاسبه ضریب همبستگی پیاپی و چولگی درصد تغییرات قیمت سهام و با استفاده از قاعده فیلتر و روش خرید-نگهداری به این نتیجه رسیدند که تغییرات متوالی قیمت‌های سهام در بازار بورس از مدل گردش تصادفی پیروی

---

1. Osler  
2. Chang

نمی‌کنند و علاوه بر آن متوسط بازده اوراق بهادار با استفاده از قاعده تجاری فیلتر بیش از متوسط بازده روش خرید-نگهداری است. در واقع آن‌ها کارایی ضعیف بازار را رد کردند. از آنجاکه تاکنون پژوهش داخلی با ابزار کرنل برای شناسایی الگوهای تحلیل تکنیکال انجام نشده است، به‌طور خاص در مطالعه چنین موردی خلأ وجود دارد و لازم است این پژوهش با در نظر گرفتن الگوهای جدید همراه با الگوریتم‌های مناسب و دقیق‌تر انجام شود.

### روش‌شناسی پژوهش

نقطه شروع هر پژوهش در رابطه با تحلیل تکنیکال، تشخیص و فهم این جمله است که قیمت‌ها در یک مسیر غیر خطی حرکت کرده و این مسیر شامل قوانین یا الگوهای مشخصی است. برای درک کمی چنین قوانینی فرض می‌کنیم قیمت  $P_t$  در رابطه ۱، صدق می‌کند.

$$P_t = m(X_t) + \epsilon_t, \quad t = 1, \dots, T \quad \text{رابطه ۱}$$

که  $m(X_t)$  یک تابع غیر خطی ناشناخته و دلخواه از یک متغیر حالت  $X_t$  و  $\epsilon_t$  نوفه سفید<sup>۱</sup> است.

یکی از روش‌های معمول برای تخمین روابط غیر خطی مانند رابطه ۱، هموارسازی است که در آن خطاهای مشاهده شده با میانگین‌گیری داده‌ها در روش‌های پیچیده کاهش می‌یابد. رگرسیون کرنل، شبکه عصبی، تخمین‌های نزدیک‌ترین همسایه<sup>۲</sup> و بسط سری‌های متعامد<sup>۳</sup> از انواع روش‌های هموارسازی هستند.

به‌طور کلی برای هر  $x$  دلخواه، برآوردگر هموارسازی  $m(x)$  به‌صورت رابطه ۲، تعریف می‌شود.

$$\hat{m}(x) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T w_t(x) P_t \quad \text{رابطه ۲}$$

که  $x$  روز (نقطه) مرکزی است. وزن‌های  $\{w_t(x)\}$  برای  $P_t$ ‌های متناظر با  $X_t$  که نزدیک به  $x$  هستند، بیشتر و برای  $P_t$ ‌های متناسب با  $X_t$  که دور از  $x$  هستند، کمتر است.  $X_t$  (با توجه به  $t$  که از ۱ تا  $T$  است) تمام روزها (متغیر مستقل) می‌باشد.

---

1. White noise  
2. Nearest-Neighbor Estimators  
3. Orthogonal Series Expansion

رگرسیون کرنل روش تعمیم یافته میانگین گیری محلی<sup>۱</sup> بوده و ایده اصلی آن به این صورت است که نقاط  $x_i$  نزدیک به نقطه مرکزی  $x_0$  وزن بیشتری می گیرند (در میانگین گیری محلی تمام نقاط حاضر در محاسبات وزن یکسانی می گیرند). برای وزن دهی به نقاط داده از کرنل گاوسی  $K_N(z)$  استفاده می کنیم، در رابطه<sup>۳</sup>،  $h$  پهنای باند است (فاکس، ۲۰۰۵).

$$z_i = \frac{(x_i - x_0)}{h} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$K_N(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \quad \text{رابطه ۴}$$

در واقع رابطه<sup>۳</sup>، فاصله هر نقطه نسبت به نقطه مرکزی را به دست آورده سپس با جای گذاری در رابطه<sup>۴</sup>، وزن هر نقطه محاسبه می شود. در نهایت با استفاده از میانگین موزون مشاهدات، برآوردگر کرنل تخمین زده می شود.

در برآوردگر رگرسیون کرنل، تابع وزن  $w_t(x)$  از تابع چگالی احتمال  $K(x)$  به وجود می آید که هسته<sup>۲</sup> نامیده می شود. تابع وزن که در میانگین گیری وزنی (رابطه<sup>۲</sup>) وجود دارد را به صورت رابطه های ۵ و ۶ تعریف می کنیم.

$$w_{t,h}(x) = K_h(x - X_t) / g_h(x) \quad \text{رابطه ۵}$$

$$g_h(x) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T K_h(x - X_t) \quad \text{رابطه ۶}$$

که  $K_h(x - X_t)$  وزن تخصیص داده شده به نقاط نزدیک به نقطه مرکزی است. اگر  $h$  خیلی کوچک باشد، میانگین گیری حول هر نقطه مرکزی  $X_t$  با تعداد همسایه های کم تر صورت می گیرد. اما اگر  $h$  خیلی بزرگ باشد، میانگین گیری حول هر نقطه مرکزی  $X_t$  با تعداد همسایه های بیشتری انجام می شود. در این جا  $h$  به عنوان پهنای باند<sup>۳</sup> معرفی می شود. انتخاب پهنای باند مناسب، در هر تکنیک میانگین گیری بسیار با اهمیت است.

با جایگزین کردن رابطه<sup>۵</sup>، در رابطه<sup>۲</sup>، به تخمین گر نادارایا-واتسون کرنل  $\hat{m}_h(x)$  می رسیم.

$$\hat{m}_h(x) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T w_{t,h}(x) Y_t = \frac{\sum_{t=1}^T K_h(x - X_t) P_t}{\sum_{t=1}^T K_h(x - X_t)} \quad \text{رابطه ۷}$$

---

1. Local Averaging  
2. Kernel  
3. Bandwidth

که  $K_h(x - X_t)$  وزن تخصیص داده شده به نقاط نزدیک به نقطه مرکزی و  $P_t$  قیمت مشاهده شده (مقدار متغیر وابسته مشاهده شده) است. در این پژوهش از معروفترین کرنل یعنی کرنل گاوسی<sup>۱</sup> به شرح زیر استفاده می‌کنیم (لو، مامايسکی و وانگ، ۲۰۰۰).

$$K_h(x) = \frac{1}{h\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2h^2} \quad \text{رابطه ۸}$$

### انتخاب پهنای باند

انتخاب پهنای باند مناسب به موفقیت  $\hat{m}_h(0)$  در میزان دقت و درستی تخمین  $m(0)$  باز می‌گردد. میانگین‌گیری با  $h$  خیلی کوچک تابعی پرتلاطم و میانگین‌گیری با  $h$  خیلی زیاد تابعی بسیار هموار را ایجاد می‌کند. روش‌های مختلفی برای تشخیص  $h$  بهینه وجود دارد اما معروفترین آن‌ها تابع اعتبارسنجی متقابل<sup>۲</sup> (CV) است که در آن  $h$  تابع یاد شده را به حداقل می‌رساند.

$$CV(h) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P_t - \hat{m}_{h,t})^2 \quad \text{رابطه ۹}$$

$$\hat{m}_{h,t} = \frac{1}{T} \sum_{\tau \neq t} w_{\tau,h} P_\tau, \quad w_h(x) = \frac{1}{h\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2h^2} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

که  $P_t$  قیمت مشاهده شده و  $w_h(x)$  وزن تخصیص داده شده به هر نقطه-داده است.  $\hat{m}_{h,t}$  برآوردگر رگرسیون کرنل است و در آن مشاهده  $t$  ام حذف شده است. رابطه ۹، مجموع مربعات خطاهای  $\hat{m}_{h,t}$  ها است که برای محاسبه برآوردگر کرنل مشاهده مربوطه، همان مشاهده از محاسبات حذف شده است. تابع  $CV$  به‌ازای هر  $h$  داده شده، سنج‌های برای تشخیص میزان مناسب بودن برآوردگر رگرسیون کرنل در مقایسه با هر مشاهده  $P_t$  است.

پهنای باند به‌دست آمده از طریق حداقل کردن تابع  $CV$  برای نوع این پژوهش که مربوط به تحلیل تکنیکال است بسیار بزرگ است، به‌عبارت دیگر پهنای باند به‌دست آمده باعث وزن دادن به نقاط دور از زمان  $t$  و در نتیجه هموار شدن تابع برازش شده می‌شود. پس از سعی و خطا و مشورت با تکنیکالیست‌ها، پهنای باند مورد استفاده در پژوهش به‌صورت  $h^* \times 0.3$  تعریف شد و  $h^*$  پهنای باندی است که تابع  $CV$  را حداقل نماید (لو، مامايسکی و وانگ، ۲۰۰۰).

1. Gaussian kernel  
2. Cross-Validation

### الگوریتم شناسایی

الگوریتم با نمونه‌ای از قیمت‌ها  $\{P_1, \dots, P_T\}$  برای برآزش برآوردگرهای کرنل شروع می‌شود. پنجره‌ای از  $t$  تا  $t+l+d-1$  ایجاد می‌شود که در آن  $t$  از ۱ تا  $T-l-d+1$  متغیر و  $l$  و  $d$  پارامترهای ثابتی هستند. در این پژوهش از  $l=35$  و  $d=3$  استفاده می‌شود، پس هر پنجره ۳۸ روز معاملاتی را شامل می‌شود.

هدف از پنجره غلتان، تمرکز و شناسایی بهتر بر روی شکل‌گیری الگوها در صورت وقوع در هر پنجره با ۳۸ روز معاملاتی است. اگر رگرسیون کرنل بر روی تمام داده‌ها اعمال شود، الگوهای زیادی با طول‌های زمانی متفاوت رخ خواهند داد و در این صورت قابلیت تشخیص سیگنال از نویز<sup>۱</sup> وجود ندارد. از اینرو از پنجره غلتان به طول  $l+d$  استفاده می‌شود و در هر پنجره الگوها تشخیص داده خواهند شد.

البته به‌ازای هر پنجره با هر اندازه ثابت، محدودیت‌هایی وجود دارد که مهم‌ترین آن، شناسایی الگوهایی است که فقط در زمان  $l+d$  کامل می‌شوند. انتخاب  $l=35$  به دلیل تمرکز بر روی الگوهای کوتاه‌مدت است.

وقتی الگو تکمیل می‌شود، غیرقابل تشخیص است، از اینرو فرض می‌شود بین زمان تکمیل و زمان شناسایی الگو باید چند روزی طی شود و  $d$  همین وظیفه را بر عهده دارد. بدین منظور باید آخرین اکستریم در زمان  $t+l-1$  واقع شود و  $d$  روز بعد از آن الگو قابل شناسایی است. به عبارت دیگر  $d$  تضمین‌کننده محاسبه بازده شرطی از خارج نمونه است و از ارباب نگاه به آینده در امان می‌مانیم.

در هر پنجره، رگرسیون کرنل برای قیمت‌های موجود در آن به صورت رابطه ۱۱، تخمین زده می‌شود.

$$\hat{m}_h(\tau) = \frac{\sum_{s=t}^{t+l+d-1} K_h(\tau-s) P_s}{\sum_{s=t}^{t+l+d-1} K_h(\tau-s)}, \quad t = 1, \dots, T-l-d+1 \quad (\text{رابطه } 11)$$

که  $K_h(z)$  رابطه ۹ و  $h$  پهنای باند،  $P_s$  قیمت‌های مشاهده شده و  $\hat{m}_h(\tau)$  تابع مشتق‌پذیر بر اساس  $\tau$  است.

پس از محاسبه  $\hat{m}_h(\tau)$ ، برای پیدا کردن اکستریم‌های محلی باید زمان‌های  $\tau$  را پیدا کنیم که در آن رابطه ۱۲، صدق کند.

$$\text{Sgn}(\hat{m}_h(\tau)) = -\text{Sgn}(\hat{m}_h(\tau+1)) \quad (\text{رابطه } 12)$$



$Sgn$  تابع علامت و  $\hat{m}_h$  تابع مشتق‌پذیر با توجه به  $\tau$  است. اگر علامت  $\hat{m}_h(\tau)$  و  $\hat{m}_h(\tau + 1)$  به ترتیب  $+1$  و  $-1$  باشند، یک مقدار حداکثر محلی پیدا می‌شود و اگر به ترتیب  $-1$  و  $+1$  باشند، آن‌گاه حداقل محلی پیدا خواهد شد. پس از پیدا شدن اکستریم در زمان  $\tau$  باید اکستریم در بین سری زمانی قیمت‌های واقعی  $\{P_t\}$  در بازه  $[t - 1, t + 1]$  شناسایی و در الگوریتم کمی الگوها به کار برده شود.

اگر قیمت پایانی برای چند روز متوالی یکسان باشد،  $\hat{m}_h(\tau)$  برابر با صفر خواهد شد، در چنین موقعیتی روز  $s = \inf \{s > \tau : \hat{m}_h(s) \neq 0\}$  جستجو خواهد شد ( $inf$  همان اینفیموم یا بزرگ‌ترین کران پایین است). سپس همان روشی که در بالا توضیح داده شد برای  $Sgn(\hat{m}_h(s))$  و  $Sgn(\hat{m}_h(\tau - 1))$  دنبال خواهد شد.

یکی از مزیت‌های این الگوریتم، توالی مکرر حداکثر و حداقل است، به عبارت دیگر اگر  $k$  امین اکستریم حداکثر باشد آن‌گاه  $k+1$  امین اکستریم حتما حداقل است و به عکس. از مزیت‌های دیگر روش رگرسیون کرنل برای شناسایی الگوها این است که اکستریم‌های خیلی محلی<sup>۱</sup> را نادیده می‌گیرد.

زمانی که اکستریم‌ها در پنجره  $[t, t + l + d - 1]$  شناسایی شدند، آن‌گاه با استفاده از الگوریتم کمی، الگوها شناسایی می‌شوند، سپس برای پنجره  $[t + 1, t + l + d]$  مجدد گام‌های قبلی تکرار می‌شوند. آخرین پنجره  $[T - l - d + 1, T]$  است (لو، مامايسکی و وانگ، ۲۰۰۰).

سپس الگوها با توجه به ویژگی هندسی مختص به خود، باید به صورت کمی تعریف می‌شوند. در ابتدا فرض می‌شود اکستریم‌ها شناسایی شده‌اند و با توجه به مختصات نقطه اکستریم به دست آمده، یعنی زمان و مقدار قیمتی، الگوها تعریف می‌شوند. در ادامه به معرفی کمی الگوهای مورد بررسی در پژوهش پرداخته می‌شود.  $E$  نماد اکستریم کشف شده است.

### دوقلوی کف و سقف

برای این الگو از ۵ اکستریم متوالی استفاده می‌شود و تعریف آن به شرح ذیل است (سیناسلانی‌دیس و زاپرائیس، ۲۰۱۶).

دوقلوی کف:

- روند ماقبل الگو، نزولی است.
- اکستریم اول، حداقل است.

- تغییرات قیمتی بین دو دره باید کمتر از ۴ درصد باشد.
  - باید بین دو دره، یک قله حداقل به اندازه ۱۰ درصد صعود کرده باشد.
- دوقلوی سقف:
- روند ماقبل الگو، صعودی است.
  - اکستریم اول، حداکثر است.
  - تغییرات قیمتی بین دو قله باید کمتر از ۴ درصد باشد.
  - باید بین دو قله، یک قله حداقل به اندازه ۱۰ درصد نزول کرده باشد.

### پرچم مستطیلی

در این الگو که صعودی و نزولی است از ۶ اکستریم استفاده می‌شود و تعریف آن به شرح ذیل است (سیناسلانیدیس و زاپرانیس، ۲۰۱۶).

#### پرچم نزولی:

- روند منتج به الگو، صعودی است.
- اکستریم اول، حداکثر است.
- اکستریم اول باید پایین‌تر از خط پایینی پرچم باشد.
- شیب دو خط موازی پرچم در تضاد با روند غالب است.
- دو خط موازی پرچم نباید یکدیگر را قطع کنند.

#### پرچم صعودی:

- روند منتج به الگو، نزولی است.
- اکستریم اول، حداقل است.
- اکستریم اول باید بالاتر از خط بالایی پرچم باشد.
- شیب دو خط موازی پرچم در تضاد با روند غالب است.
- دو خط موازی پرچم نباید یکدیگر را قطع کنند.

### سر و شانه کف و سقف

این دو الگو بر اساس ۵ اکستریم تعریف می‌شوند (سیناسلانیدیس و زاپرانیس، ۲۰۱۶).

#### سر و شانه کف:

- سر باید از دو شانه پایین‌تر باشد.
- اکستریم اول حداقل است.
- شانه چپ کوچک‌تر از ۵۰ درصد مجموع قیمتی اکستریم چهار و پنج باشد.

- شانه راست کوچک‌تر از ۵۰ درصد مجموع قیمتی اکستریم اول و دوم باشد.
- شانه راست و چپ باید از نظر زمانی نسبت به هم متقارن باشند.
- سر و شانه سقف:
- سر باید از دو شانه بالاتر باشد.
- اکستریم اول حداکثر است.
- شانه چپ بزرگ‌تر از ۵۰ درصد مجموع قیمتی اکستریم چهارم و پنجم باشد.
- شانه راست بزرگ‌تر از ۵۰ درصد مجموع قیمتی اکستریم اول و دوم باشد.
- شانه راست و چپ باید از نظر زمانی نسبت به هم متقارن باشند.

### پرچم مثلث در بازار صعودی و نزولی

این دو الگو بر اساس ۵ اکستریم تعریف می‌شوند (سیناسلانیدیس و زاپرانیس، ۲۰۱۶).

پرچم مثلث نزولی:

- روند منتج به الگو نزولی است.
- اکستریم اول حداقل است.
- اکستریم اول باید بالاتر از خط شیب‌دار بالایی پرچم باشد.
- شیب دو خط مثلث هم‌گرا هستند.

پرچم مثلث صعودی:

- روند منتج به الگو صعودی است.
- اکستریم اول حداکثر است.
- اکستریم اول باید پایین‌تر از خط شیب‌دار پایینی پرچم باشد.
- شیب دو خط مثلث هم‌گرا هستند.

### مستطیل نزولی و صعودی

از الگوریتم لو، ماما یسکی و وانگ (۲۰۰۰) برای شناسایی الگوها استفاده می‌شود. همچنین برای

این دو الگو از ۷ نقطه اکستریم متوالی استفاده می‌شود.

مستطیل نزولی:

- حداقل  $E_1, E_3$
- برای تشخیص روند  $E_1 > E_3$  &  $E_2 > E_4$
- قله‌های  $E_4$  و  $E_6$  در داخل ۰/۷۵ درصد میانگین خود هستند.
- دره‌های  $E_3, E_5$  و  $E_7$  در داخل ۰/۷۵ درصد میانگین خود هستند.

- بالاترین دره > پایین ترین قله
- مستطیل صعودی:
- حداکثر  $E_1, E_3$
- برای تشخیص روند  $E_1 < E_3$  &  $E_2 < E_4$
- دره های  $E_4$  و  $E_6$  در داخل  $0/75$  درصد میانگین خود هستند.
- قله های  $E_3, E_5$  و  $E_7$  در داخل  $0/75$  درصد میانگین خود هستند.
- بالاترین دره > پایین ترین قله

### سه قلوئی کف و سقف

این دو الگو دارای ۷ نقطه اکستریم متوالی است (سیناسلانیدیس و زاپرانیس ، ۲۰۱۶).

سه قلوئی کف:

- روند ماقبل الگو باید نزولی باشد.
- اکستریم اول حداقل است.
- اختلاف قیمتی بین دره ها حداکثر ۴ درصد پایین ترین دره باشد.
- قله دوم باید بین قله سوم و  $1/04$  قله سوم باشد.
- تقارن زمانی هم باید لحاظ شود.

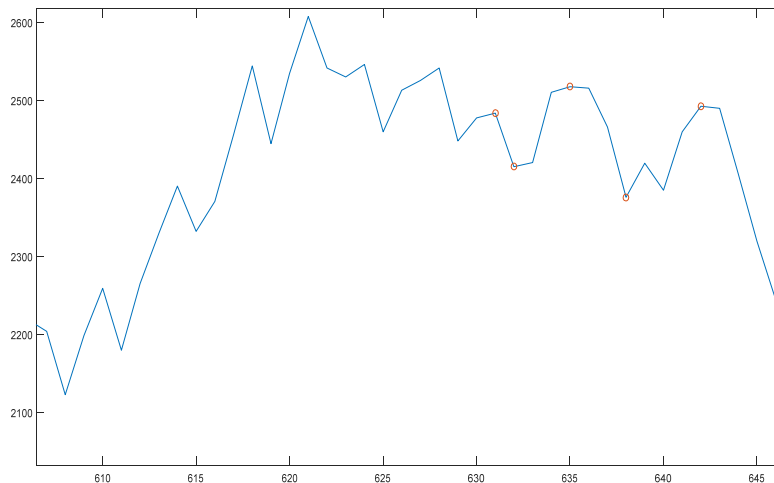
سه قلوئی سقف:

- روند ماقبل الگو باید صعودی باشد.
- اکستریم اول حداکثر است.
- اختلاف قیمتی بین قله ها حداکثر ۴ درصد بالاترین قله باشد.
- دره سوم باید بین دره دوم و  $1/04$  دره دوم باشد.
- تقارن زمانی هم باید لحاظ شود.

تکنیک و روش های بیان شده بر روی قیمت های روزانه سه شرکت ایران خودرو، سرمایه گذاری صنعت نفت و بانک ملت (این سه شرکت به صورت اختیاری انتخاب شده اند) که از نرم افزار *tseclient* گرفته شده و از ابتدای سال ۱۳۹۰ تا انتهای خرداد سال ۱۳۹۵ هستند، اجرا می شوند.

### یافته‌های پژوهش

پس از اجرا کردن الگوریتم‌ها، شناسایی الگوها انجام می‌شود. به‌عنوان مثال در شکل ۱، الگوی سر و شانه سقف شناسایی شده است و در آن روز ابتدای پنجره غلتان  $t$  تا  $t+1+d-1$  روزه، روز ۶۰۸ بوده و آخرین اکستریم هم در روز  $t+1-1$  ۶۴۲ شناسایی شده است. بعد از آن روند نزولی انتظار می‌رود.



شکل ۱. شناسایی سر و شانه سقف (پنجره ۶۰۸)

### آزمون پسران-تیمرمن<sup>۱</sup>

به‌طور کلی این آزمون، نسبتی از علائم صحیح پیش‌بینی شده و تغییرات جهت را ارائه می‌دهد. همچنین این مدل، میزان بزرگی این تغییرات را در نظر نمی‌گیرد.

$$\text{رابطه ۱۳)} \quad \text{درصد پیش‌بینی علامت صحیح} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_t,$$

$$\begin{cases} z_t = 1 & \text{if } (y_t \times f_t) > 0 \\ z_t = 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

که  $y_t$  مقدار بازده واقعی و  $f_t$  مقدار بازده پیش‌بینی شده هستند. در واقع بعد از شناسایی هر الگو، یک پیش‌بینی برای بازده وجود دارد، سپس بعد از اطلاع از بازده واقعی، علامت‌های هر دو

تشخیص الگوهای تحلیل تکنیکال با استفاده از رگرسیون کرنل \_\_\_\_\_ ۱۷۹

مقدار مورد توجه قرار می‌گیرد، اگر حاصل ضرب آن‌ها بزرگ‌تر از صفر شد، آن‌گاه  $z_t = 1$  خواهد بود (بروکز، ۲۰۰۸).

در این پژوهش برای پیش‌بینی تغییرات جهت، به پیش‌بینی بازده یک روز بعد از تکمیل الگو پرداخته شده است. برای افزایش قدرت پیش‌بینی سه سهم مورد بررسی پژوهش تجمیع می‌شود. تحت شرایط کارایی بازاری نمی‌توان بیش از استراتژی خرید و نگهداری<sup>۱</sup>، سود و بازدهی کسب کرد یا به عبارت دیگر توان غلبه بر بازار و یا عملکرد بهتر از شاخص نیست. در همین راستا مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای<sup>۲</sup> بیان می‌کند که برای کسب بازده مازاد، باید متناسب با آن ریسک متحمل شد یا پیش‌بینی‌های مناسبی در جهت روند انجام شود. اگر روند بازار قابل پیش‌بینی نباشد، یعنی بازار از گام تصادفی پیروی می‌کند و بازار به احتمال ۵۰ درصد صعودی و یا به احتمال ۵۰ درصد نزولی است.

جدول ۱. نتایج آزمون پسران - تیمرمن

الگو	تعداد وقوع هر الگو (از ابتدای ۱۳۹۰ تا انتهای خرداد ۱۳۹۵)	درصد پیش‌بینی علامت صحیح
پرچم مستطیل صعودی	۴	۱۰۰٪
پرچم مستطیل نزولی	۴	۷۵٪
پرچم مثلث در بازار صعودی	۵	۸۰٪
پرچم مثلث در بازار نزولی	۴	۵۰٪
دو قلو کف	۲	۱۰۰٪
دو قلو سقف	۱	۱۰۰٪
سر و شانه کف	۱۸	۶۷٪
سر و شانه سقف	۲۱	۷۱٪
مستطیل نزولی	۴	۰٪
مستطیل صعودی	۱	۱۰۰٪
سه قلو کف	۳۳	۷۳٪
سه قلو سقف	۱۸	۸۹٪

همان‌طور که در جدول ۱، مشاهده می‌شود، با استفاده از الگوها به جز الگوهای پرچم مثلث در بازار نزولی و مستطیل نزولی می‌توان روند آتی سه شرکت ایران خوردو، سرمایه‌گذاری صنعت نفت و بانک ملت را پیش‌بینی کرد.

1. Buy & hold  
2. Capital asset pricing model

یکی از اهداف ما بررسی کارایی بازار با استفاده از الگوها بود، اما به دلیل این که احتمال دارد سه شرکت ایران خوردو، سرمایه‌گذاری صنعت نفت و بانک ملت نماینده خوبی از کل بورس اوراق بهادار تهران نباشند، پس از آزمون برنولی<sup>۱</sup> یا دوجمله‌ای برای بررسی کارایی استفاده می‌کنیم.

### آزمون برنولی

به طور کلی آزمون دو جمله‌ای، توزیع یک یا چند متغیر دو حالتی را با توزیع دو جمله‌ای و با یک احتمال مشخص مقایسه می‌کند. در این آزمون مشاهده‌ها باید مستقل بوده و هر یک از آزمایش‌ها باید دو حالت موفقیت یا شکست، سالم یا معیوب، استاندارد یا غیر استاندارد داشته باشند. برای هر الگو نسبت پیش‌بینی صحیح روند نباید بیشتر از ۵۰ درصد باشد تا کارایی رد نشود، از این رو فرض صفر برابر با  $0/5$  در نظر گرفته می‌شود. با مقایسه توزیع پیش‌بینی صحیح روند هر الگو (نمونه) با توزیع بازار کارا (جامعه) با استفاده از آزمون دو جمله‌ای می‌توان گفت الگوها توانایی غلبه بر استراتژی جامعه و یا به طور دقیق‌تر کارایی بازار را دارند یا خیر، یا آیا میزان پیش‌بینی صحیح روند مشاهده شده در مقایسه با میزان پیش‌بینی واقعی (۵۰ درصد) محتمل است یا خیر.

همان‌طور که در جدول ۲، مشاهده می‌شود، به دلیل آن که مقدار  $p$ -value برای الگوهای سه قلوئی کف و سه قلوئی سقف کوچک‌تر از سطح خطای ۵ درصد است پس فرضیه صفر آزمون که مبنی بر کارایی بازار بود، رد می‌شود و برای الگوهای دیگر فرضیه صفر رد نخواهد شد. بنابراین چون دو الگو منجر به ایجاد بازده بیشتر از استراتژی خرید و نگهداری می‌شوند، سطح کارایی ضعیف بازار رد می‌شود (الگوهای دو قلوئی سقف و مستطیل صعودی به دلیل نبود نمونه مناسب در نرم افزار spss قابل تعریف نیستند).

جدول ۲. نتایج آزمون برنولی

الگو	p-value
پرچم مستطیل صعودی	۰/۱۲۵
پرچم مستطی نزولی	۰/۶۲۵
پرچم مثلث در بازار صعودی	۰/۳۷۵
پرچم مثلث در بازار نزولی	۱
دو قلوئی کف	۰/۵

ادامه جدول ۲.

Nan	دو قلوئی سقف
۰/۲۳۸	سر و شانه کف
۰/۰۷۸	سر و شانه سقف
۰/۱۲۵	مستطیل نزولی
Nan	مستطیل صعودی
۰/۰۱۴	سه قلوئی کف
۰/۰۰۱	سه قلوئی سقف

### نتیجه گیری و پیشنهادها

بعد از معرفی فرضیه بازار کارا، پژوهشگران سعی کردند این فرضیه را به چالش بکشانند. از ابزار مورد استفاده برای رد این فرضیه می توان به تحلیل تکنیکال اشاره کرد. این تحلیل، فرضیه بازار کارای ضعیف را مورد هدف قرار داده و آن هم به دلیل مبتنی بودن تحلیل تکنیکال بر اطلاعات گذشته است. از ابزارهای تحلیل تکنیکال می توان به اندیکاتورهای اشاره کرد که پژوهشگران پژوهش های متفاوتی را بر اساس این ابزار انجام داده اند. ابزار دیگر، الگوها هستند که چندان مورد توجه قرار نگرفته اند، از دلایل عدم پژوهش در رابطه با الگوها می توان به حالت انتزاعی و تفاسیر متفاوت الگوها اشاره کرد. در این پژوهش برای تخمین و شناسایی الگوها از یکی از روش های هموارسازی به نام رگرسیون کرنل استفاده می شود. هموارسازی با استفاده از میانگین گیری به روش های مختلف به دنبال کاهش میزان خطای مشاهدات است. در رگرسیون کرنل با میانگین گیری وزنی، خطای مشاهدات کاهش داده می شود، با استفاده از تخمین گر نادارایا-واتسون که در پنجره ای غلطان با طول  $t+l+d-1$  اجرا می شود، اکستریم ها شناسایی می شوند و سپس با توجه به تعریف کمی الگوها، شناسایی الگوها انجام می شود.

به طور کلی این پژوهش به دنبال بررسی و معرفی یک روش سیستماتیک برای رسیدن و شناسایی الگوها است. در قدم بعدی به بررسی مفید بودن الگوها پرداخته می شود.

در این پژوهش الگوهای سر و شانه کف و سقف، الگوی پرچم مستطیلی صعودی و نزولی، پرچم مثلثی صعودی و نزولی، مستطیل صعودی و نزولی، دو قلوئی سقف و کف و سه قلوئی سقف و کف برای سه شرکت بانک ملت، ایران خودرو و سرمایه گذاری صنعت نفت از ابتدای سال ۱۳۹۰ تا انتهای خرداد ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفته است.

پس از شناسایی الگوها، آزمون پسران-تیمرمن نشان داد که به جز الگوهای پرچم مثلث در بازار نزولی و مستطیل نزولی می توان روند آتی سه شرکت مورد بررسی را پیش بینی کرد، در



پژوهش‌هایی که لو، مامايسکی و وانگ (۲۰۰۰) و داوسون و استیلی (۲۰۰۳) و ساوین، ولر و زوینگلیس (۲۰۰۷) در رابطه با الگوهای تحلیل تکنیکال داشتند، اظهار کردند که الگوها دارای اطلاعات مفیدی بوده و قدرت کسب بازده مازاد را دارا هستند. نتایج این پژوهش نیز نشان می‌دهد الگوها قابلیت پیش‌بینی روند را دارند. همچنین در بورس اوراق بهادار تهران شباهنگ و حسنی (۱۳۸۲) و محمدی (۱۳۸۳) نتایجی مبنی بر مفید بودن الگوها از جمله سر و شانه و دوقلو و مثلث متقارن را ارائه کردند که در تحقیق ما هم مفید بودن الگوهای سر و شانه و دوقلو اعلام گردید. با استفاده از آزمون برنولی در این پژوهش، کارایی ضعیف بازار رد شد، این نتیجه منطبق بر نتیجه پژوهش نمازی و شوشتریان (۱۳۷۴) در بورس اوراق بهادار تهران است. به پژوهشگران برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود به منظور بهبود مدل از روش‌هایی مانند رگرسیون چند جمله‌ای محلی<sup>۱</sup> استفاده کنند یا الگوها را با فیلترهایی مانند میانگین متحرک ادغام نمایند.

### منابع

- شباهنگ، ر.، و حسنی، ف. (۱۳۸۲). نحوه به‌کارگیری الگوی معامله تکنیکی در بورس اوراق بهادار تهران. *فصلنامه آینده پژوهی مدیریت*، ۱۵(۴)، ۱۷-۳۷.
- محمدی، ش. (۱۳۸۳). تحلیل تکنیکی در بورس اوراق بهادار تهران. *فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات مالی*، ۶(۱)، ۹۷-۱۲۹.
- نمازی، م.، و شوشتریان، ز. (۱۳۷۴). بررسی کارایی بازار بورس اوراق بهادار ایران. *فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات مالی*، ۲(۷)، ۸۲-۱۰۴.

### References

- Alexander, S. (1964). Price Movement in Speculative Markets: Trends or Random Walks, No. 2. *Industrial Management Review*, 5(2), 25-46.
- Bulkowski, T. (2005). *Encyclopedia of Chart Patterns*, 2nd Edition. New Jersey: Wiley & Sons.
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance (Second Edition)*. Cambridge University Press.
- Campbell, J., Lo, AW., & MacKinlay, AC. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. New Jersey: Princeton University Press.

---

<sup>1</sup> Local Polynomial

- Chong, T., & Poon, K. (2014). A New Recognition Algorithm for “Head-and-Shoulders” Price Patterns. Retrieved from <https://mp.ra.ub.uni-muenchen.de/60825/>
- Dawson, E., & Steeley, J. (2003). On the Existence of Visual Technical Patterns in the UK Stock Market. *Journal of Business Finance & Accounting*, 30(1), 263-293.
- Edwards, RD., Magee, J. (1997). *Technical Analysis of Stock Trends*, 7th Edn. Boston: John Magee.
- Fama, E. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Fama, E., & Blume, M. (1966). Filter Rules and Stock Market Trading Profits. *Journal of Business*, 39(1), 226-241.
- Fox, J. (2005). *Introduction to Nonparametric Regression*. McMaster University, Canada.
- Wang J., & Chan S. (2007). Stock Market Trading Rule Discovery Using Pattern Recognition and Technical Analysis. *Expert Systems with Applications*, 33(2), 304-315.
- Jensen, M., & Bennington, G. (1970). Random Walks and Technical Theories: Some Additional Evidences. *Journal of Finance*, 25(2), 469-482.
- Levy, R. (1971). The Predictive Significance of Five-Point Chart Patterns. *Journal of Business*, 44(3), 316-323.
- Lo, AW., Mamaysky, H., & Wang, J. (2000). Foundations of Technical Analysis: Computational Algorithms, Statistical Inference, and Empirical Implementation. *The Journal of Finance*, 55(4), 1705-1765.
- Malkeil, B. G. (1996). *A Random Walk Down Wall Street*. New York: W. W. Norton.
- Mohammadi, S. (2004). Technical Analysis in Tehran Securities Exchange. *The Journal of financial research*. 6(1), 97-129. (In Persian)
- Murphy, J. (1986). *Technical Analysis of The Future Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*. New York: Prentice Hall.

- Namazi, M., & Shooshtarian, Z. (1995). The Investigation of the Efficiency of Iran's Stock Exchange. *The Journal of financial research*, 2(7), 82-104. (In Persian)
- Neftci, S. (1991). Naive Trading Rules in Financial Markets and Wiener-Kolmogorov Prediction Theory: A Study of "Technical Analysis". *The Journal of Business*, 64(4), 549-571.
- Osler, CL & Chang, PH. (1995). Head and Shoulders: Not Just a Flaky Pattern. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports*, 4, August 1995.
- Savin, G., Weller, P., & Zvingelis, J. (2007). The Predictive Power of "Head-and-Shoulders" Price Patterns in the U.S. Stock Market. *Journal of Financial Econometrics*, 5(2), 243-265.
- Shabahang, R., & Hassani, F. (2004). How Technical Patterns are used in the Tehran Securities Exchange. *Scientific Journal Management System*, 15(4), 17-37. (In Persian)
- Sweeney, R. (1988). Some New Filter Rule Tests: Methods and Results. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 23 (3), 87-92.
- Tsinaslanidis, P., & Zapranis, A. (2016). *Technical Analysis for Algorithmic Pattern Recognition*. Switzerland: Springer International Publishing.
- White, R. E. & Pruitt, S. W. (1988). The CRISMA Trading System: Who Says Technical Analysis Can't Beat the Market? *Journal of Portfolio Management*, 14 (3), 55-58.